桃蛀螟为害对春玉米镰孢穗腐病发生及产量损失的影响

刘 玥[1,2,#], 李荣荣[2,#], 何康来[2], 白树雄[2], 张天涛[2], 丛 斌[1], 王振营[2,*]

(1. 沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110161;
2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要:【目的】桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée)已经成为黄淮海玉米穗期的重要害虫,本研究的目的是探究桃蛀螟发生危害与玉米镰孢穗腐病发病程度和玉米产量损失之间的关系。【方法】在玉米吐丝、灌浆和乳熟期,通过人工接种法将桃蛀螟初孵幼虫及拟轮枝镰孢菌 *Fusarium verticillioides* 单接或复合接种到玉米果穗上,收获时调查果穗上桃蛀螟为害级别、镰孢穗腐病发病率及病情指数,测定玉米产量。【结果】在玉米果穗的不同发育阶段,镰孢穗腐病病情指数均以复合接种处理最高,单接虫次之,单接菌最低。在单接虫处理中,镰孢穗腐病的发生程度及桃蛀螟为害级别均以吐丝期最重。拟轮枝镰孢菌与桃蛀螟复合侵染危害后,使得玉米产量性状发生改变,导致产量下降,以吐丝期危害影响最大,单穗损失率为33.09%,灌浆期和乳熟期分别为22.50%和10.13%。【结论】玉米穗期桃蛀螟的为害明显会加重镰孢穗腐病的发生,从而导致了更严重的玉米产量损失。

关键词: 桃蛀螟; 镰孢穗腐病; 拟轮枝镰孢菌; 发生程度; 产量损失

中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2017)05-0576-06

Effects of *Conogethes punctiferalis* (Lepidopteran: Crambidae) infestation on the occurrence of *Fusarium* ear rot and the yield loss of spring corn

LIU Yue[1,2,#], LI Rong-Rong[2,#], HE Kang-Lai[2], BAI Shu-Xiong[2], ZHANG Tian-Tao[2], CONG Bin[1], WANG Zhen-Ying[2,*] (1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract:【Aim】The yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée), has become the major insect pest of corn in Huang-Huai-Hai Region. This study aims to clarify the relationship between the occurrence of *C. punctiferalis* and the severity of corn ear rot, and the effect of ear infestation by *C. punctiferalis* on corn yield loss.【Methods】The corn ears were inoculated with neonate larvae of *C. punctiferalis* and *Fusarium verticillioides* singly or complexly at the silking, blister and milk stages of corn ears, respectively, and then the damage degree of *C. punctiferalis*, the occurrence rate of ear rot, the disease index and the corn yield were investigated.【Results】For different inoculated developmental stages of corn ears, the disease index by the complex inoculation with *C. punctiferalis* larvae and *F. verticillioides* was the highest, followed by the single inoculation with *C. punctiferalis* larvae, and then by the single inoculation with *F. verticillioides*. When the corn ears were inoculated with *C. punctiferalis* larvae at the silking stage of corn ears, the occurrence of the corn ear rot and the borer damage was the

基金项目: 粮食丰产增效科技创新(2016YFD0300705); 国家现代农业(玉米)产业技术体系(CARS-02)

作者简介: 刘玥, 女, 1992年7月生, 河北廊坊人, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: lymoon92@163.com; 李荣荣, 女, 1989年11月生, 陕西延安人, 硕士, 研究方向为植物病害及防治, E-mail: 1225237357@qq.com

[#]共同第一作者 Authors with equal contribution

[*]通讯作者 Corresponding author, E-mail: wangzy61@163.com

收稿日期 Received: 2017-01-20; 接受日期 Accepted: 2017-04-18

most serious. The corn yield components were affected when the corn ears were complexly inoculated with both *C. punctiferalis* larvae and *F. verticillioides*, with the highest yield loss per ear (33.09%) at the silking stage and 22.50% and 10.13% yield loss per ear at the blister and milk stages, respectively. 【Conclusion】The yellow peach moth infestation during the developmental stage of corn ears significantly aggravates the occurrence of corn ear rot and causes heavier yield loss of corn.

Key words: *Conogethes punctiferalis*; *Fusarium* ear rot; *Fusarium verticillioides*; incidence; yield loss

玉米穗腐病(corn ear rot)又称玉米穗粒腐病(corn ear and kernel rot),是我国玉米生产上的重要病害,近年来有加重趋势。引起玉米穗腐病的病原菌种类众多,迄今为止已鉴定出 30 余种,主要包括镰孢菌 *Fusarium* spp.、青霉菌 *Penicillium* spp.、曲霉菌 *Aspergillus* spp. 等(Magg *et al*., 2003; 秦子惠等, 2014; 段灿星等, 2015),但分布最广、对生产影响最大的是镰孢菌,而镰孢菌中最主要的是拟轮枝镰孢 *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (=串珠镰孢 *F. moniliforme* Sheld.) 和禾谷镰孢 *F. graminearum* Schw. (Goertz *et al*., 2010; Desjardins and Proctor, 2011; Stumpf *et al*., 2013)。此外,引起玉米镰孢穗腐病的发病的因素有很多,其中,害虫为害是加速穗腐病进程的重要胁迫因素之一。有研究表明,亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 和桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée)是引起我国玉米穗腐病的主要穗期害虫(石洁等, 2005; 宋立秋等, 2012; 魏铁松等, 2013)。

桃蛀螟主要为害玉米果穗,蛀食玉米籽粒,不仅造成直接的产量损失,而且会增加病原菌的侵染,加重穗腐病的发生,从而造成更大的经济损失(吴立民和陆化森, 1992; 王振营等, 2006; 杨硕等, 2015)。20 世纪末以来,由于种植制度改革和种植结构调整,桃蛀螟在玉米上的为害逐年加重(王振营和王晓鸣,2015),在一些地区或年份,其危害程度甚至超过玉米螟,上升为玉米穗期的重要害虫,并加重了镰孢穗腐病的发生(王振营等, 2006)。目前我国有关玉米镰孢穗腐病与桃蛀螟危害关系的研究较少,且仅限于田间调查和对接种后螟害与镰孢穗腐病发病率的调查,而关于桃蛀螟与拟轮枝镰孢菌复合侵染对玉米产量损失的影响尚未见报道,作者在前人基础上对桃蛀螟与拟轮枝镰孢菌复合侵染引起的玉米产量损失进行测定,对科学评估桃蛀螟在玉米上的危害性,为今后玉米病虫害的综合防治提供一定的理论依据。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　供试玉米:玉米品种为郑单 958。种植于中国农业科学院植物保护研究所廊坊中试基地。于 2015 年 4 月 28 日播种,每小区 43.35 m^2(10.2 m × 4.25 m),行距 60 cm,株距 25 cm,每区 18 行,每行 18 株,每小区的边行作为保护行。

1.1.2　供试虫源:在室内用鲜玉米穗饲养,孵化后不超过 12 h 的桃蛀螟初孵幼虫,由中国农业科学院植物保护研究所玉米害虫研究组提供。

1.1.3　供试菌种:拟轮枝镰孢,由河北省农林科学院植物保护研究所玉米综防课题组提供,分离自田间典型穗腐病果穗。提纯鉴定后用于试验,菌种采用镰孢菌产孢培养基培养。

1.2　田间接种

分别在玉米吐丝(7 月 21 日)、灌浆(7 月 28 日)和乳熟(8 月 5 日)3 个果穗的不同发育时期选取生长发育一致的植株接种。试验设单接桃蛀螟初孵幼虫、单接拟轮枝镰孢、复合接种虫菌(拟轮枝镰孢与桃蛀螟)以及空白对照(不接虫、菌)共 4 个处理 (3 个不同生育期的相同处理均在同一小区内,处理间各留 1 行保护行),每个处理 3 次重复,每重复在同一小区内相邻 2 行中选取长势一致的 30 株接种或作对照。

致病菌的接种采用花丝喷雾法。用无菌蒸馏水冲洗培养基上拟轮枝镰孢的分生孢子,用四层无菌纱布过滤,镜检,并将浓度粗调至 2×10^8 分生孢子/mL。每 100 mL 悬浮液加入一滴吐温 80 作为湿润剂,接种时将果穗上部苞叶扒开少许,用小型手持喷雾器进行喷雾,每株喷施 5 mL。

桃蛀螟初孵幼虫分别接于果穗顶端花丝上和果穗着生节叶腋处,每株玉米接 25 头。

1.3　调查方法

在玉米完熟期调查玉米果穗的桃蛀螟为害级别、穗腐病发病率及其穗腐病发病级别。

玉米果穗受螟害为害级别划分，参照 Windham 等(1999)对美洲棉铃虫 *Helothis zea* 为害玉米果穗的为害级别：

0，果穗完好；

1，仅果穗顶部受损；

2，果穗顶部受损 + 少量穗顶部以下轻度受损；

3，果穗顶部受损 + 约 1/4 果穗顶部以下轻度受损到中度受损；

4，果穗顶部受损 + 约 1/2 果穗顶部以下中度受损到严重受损；

5，果穗顶部受损 + 约 3/4 果穗顶部以下轻度受损到中度受损；

6，果穗顶部受损 + 全部果穗顶部以下中度受损到严重受损。

玉米穗腐病危害级别划分：

0，果穗无发病；

1，发病面积占果穗总面积的 1%；

2，发病面积占果穗总面积的 2% ~10%；

5，发病面积占果穗总面积的 11% ~25%；

7，发病面积占果穗总面积的 26% ~50%；

9，发病面积占果穗总面积的 51% ~100%。

1.4 产量测定

玉米完熟后按照小区收获装袋，收获后分别装在尼龙网袋中，自然风干后测量各处理果穗的穗长、秃尖长度、行粒数、百粒重和单穗重，并进行测产(梅丽艳等，2003；李金堂等，2006)。

1.5 数据分析

果穗发病率(%) = 发病穗数 × 100%/总穗数；

平均病级 = [Σ(各级病情穗数 × 相应级别)]/总穗数；

病情指数 = [Σ(各级病情穗数 × 相应级别)]/(总穗数 × 最高级别)。

试验数据用统计软件 SAS 进行单因素方差分析(one-way ANOVA)，处理间差异显著性以最小差数法(LSD)检验。

2 结果

2.1 玉米果穗不同发育期接虫和接菌处理对镰孢穗腐病发病程度的影响

玉米果穗不同发育期单接桃蛀螟初孵幼虫、单接拟轮枝镰孢菌以及复合接种穗腐病的发病率和病情指数均明显高于对照。吐丝期 4 个处理之间穗腐病发病率差异显著，以复合接种处理的发病率最高，达 82.96%，比单接虫或接菌处理分别增加了 25.44% 和 34.00%；灌浆期以复合接种处理的发病率最高，达 81.82%，与其他 3 个处理差异显著，比单接虫或接菌处理分别增加了 27.84% 和 28.06%；另外单接虫处理与接菌处理间差异不显著；乳熟期依然以复合接种处理的发病率最高(59.56%)，与其他 3 个处理差异显著，比单接虫或接菌处理分别增加了 15.08% 和 17.13%(表 1)，但后两者差异不显著。

表 1 玉米果穗不同发育期接虫和接菌处理对镰孢穗腐病发生程度的影响

Table 1 Damage ratings of *Fusarium* ear rot after inoculation with insects and fungi at different developmental stages of spring corn ears

处理 Treatments	吐丝期 Silking stage		灌浆期 Blister stage		乳熟期 Milk stage	
	发病率(%) Disease incidence	病情指数 Disease index	发病率(%) Disease incidence	病情指数 Disease index	发病率(%) Disease incidence	病情指数 Disease index
单接桃蛀螟幼虫 Inoculation with *Conogethes punctiferalis* larvae only	57.52 ±1.81 b	0.06 ±0.00 b	53.98 ±2.34 b	0.07 ±0.01 b	44.48 ±1.47 b	0.08 ±0.00 b
单接拟轮枝镰孢菌 Inoculation with *Fusarium verticillioides* only	48.85 ±1.51 c	0.07 ±0.00 b	53.76 ±0.64 b	0.06 ±0.00 b	42.43 ±1.59 b	0.07 ±0.01 b
复合接种虫菌 Complex inoculation with *C. punctiferalis* larvae and *F. verticillioides*	82.96 ±2.62 a	0.13 ±0.00 a	81.82 ±1.66 a	0.15 ±0.00 a	59.56 ±0.96 a	0.13 ±0.01 a
空白对照 Blank control	19.93 ±0.62 d	0.02 ±0.00 c	19.93 ±0.62 c	0.02 ±0.00 c	19.93 ±0.62 c	0.02 ±0.00 c

表中数据为平均值 ± *SE*，同列数据后不同字母表示在 5% 水平上差异显著(one-way ANOVA)；下表同。Data in the table are mean ± *SE*. Different letters within a column indicate significant difference at $P < 0.05$ by one-way ANOVA. The same for the following tables.

2.2　玉米果穗不同发育期桃蛀螟为害对镰孢穗腐病发生的影响

在玉米吐丝、灌浆和乳熟期分别单接种桃蛀螟初孵幼虫，果穗受害率和穗腐病发病率均随着玉米果穗的发育而减轻或降低，即吐丝期 > 灌浆期 > 乳熟期，均与对照相比差异显著。桃蛀螟为害级别为吐丝期最重，乳熟期次之，灌浆期最轻，均与对照相比差异显著（表 2）。

表 2　玉米果穗不同发育期桃蛀螟为害对玉米镰孢穗腐病发生的影响

Table 2　Effects of *Conogethes punctiferalis* infestation at different developmental stages of spring corn ears on damage ratings of *Fusarium* ear rot

接种玉米穗生育期 Inoculated developmental stage of corn ears	发病率（%） Disease incidence	果穗受害率（%） Ear-feeding rate	螟害平均级别 Rating of borer damage
吐丝期 Silking stage	57.52 ±1.81 a	90.66 ±2.25 a	1.27 ±0.11 a
灌浆期 Blister stage	53.98 ±2.30 a	86.87 ±0.71 ab	0.97 ±0.06 b
乳熟期 Milk stage	44.48 ±1.47 b	81.06 ±0.57 b	1.04 ±0.03 ab
空白对照 Blank control	19.93 ±0.62 c	38.30 ±1.34 c	0.37 ±0.04 c

2.3　玉米果穗不同发育期接虫和接菌处理对玉米产量构成因素的影响

从玉米吐丝到乳熟的不同时期单接虫、单接菌或复合接种虫和菌对玉米穗长、行粒数、单穗重和损失率都有影响，在同一处理条件下，玉米不同生育期产量损失率差异显著，以吐丝期为害的影响最大（表 3）。

在玉米吐丝期、灌浆期和乳熟期单接虫条件下，与对照相比，果穗长度分别下降了 2.30，2.21 和 1.28 cm，行粒数减少了 3.90，3.23 和 2.43 粒，单穗重降低了 54.77，51.58 和 43.31 g，产量损失率为 19.38%，13.17% 和 5.93%。

在玉米吐丝期、灌浆期和乳熟期单接菌条件下，与对照相比，果穗长度分别下降了 1.15，1.06 和 1.69 cm，单穗重降低了 39.34，36.11 和 26.47 g，产量损失率为 7.38%，5.02% 和 2.26%。

在玉米吐丝期、灌浆期和乳熟期复合处理条件下，与对照相比，果穗长度分别下降了 3.75，3.67 和 2.82 cm，行粒数减少了 5.00，4.40 和 2.67 粒，单穗重降低了 75.81，73.42 和 66.28 g，产量损失率为 33.09%，22.50% 和 10.13%。

3　讨论

桃蛀螟为害玉米果穗和籽粒后，不仅造成直接产量损失，还诱发了玉米穗腐病的发生（王振营等，2006）。杨硕等（2015）认为，桃蛀螟为害果穗导致籽粒破损，为病原菌侵入提供了有利条件。本试验结果显示桃蛀螟和病原菌复合接种处理与单接虫处理的镰孢穗腐病发病率均高于单接菌和空白对照，进一步证明桃蛀螟的为害加重了玉米穗腐病的发生。

玉米果穗不同发育期受桃蛀螟为害程度不同，穗腐病的发生程度也不同。本研究结果表明，不论是单接虫处理，还是复合接种虫菌，均以吐丝期接种处理后，镰孢穗腐病的发病率和病情指数显著增加，灌浆期次之，乳熟期最轻。从玉米的物候期和桃蛀螟的发育历期来看，当温度为 25 ±1℃，相对湿度为 70% ~75% 时，桃蛀螟 1 –5 龄幼虫的平均历期分别为 2.79，2.24，2.44，2.58 和 7.78 d（徐丽荣，2011）；在华北地区春玉米从吐丝期到灌浆期大概需要 7 ~8 d，据此，在吐丝期接种桃蛀螟初孵幼虫，待玉米发育至灌浆期时，桃蛀螟幼虫恰为 3 –4 龄，取食量增大；另一方面，在吐丝期接虫，桃蛀螟较灌浆期和乳熟期接虫对果穗的为害期更长，对果穗和籽粒造成的损伤也更重，这些损伤直接增加了病原菌的侵染时间，加重了穗腐病的发生（黄长玲和郑长庚，1990；吴立民和陆化森，1992；王振营等，2006；杨硕等，2015）。在北京、河北廊坊等地区，桃蛀螟产卵高峰期为 7 月中旬（鹿金秋，2008），本试验中玉米吐丝期接种时间为 7 月 21 日，正值桃蛀螟初孵幼虫期，受害严重。因此，生产中适当早播，将春玉米吐丝期与桃蛀螟卵高峰期错开，同时，若能在吐丝期控制桃蛀螟幼虫为害，可以有效抑制玉米穗腐病的发生。

在玉米果穗同一发育时期，以复合接种对玉米的产量构成因素影响最大，单接虫处理次之，单接菌处理影响最小。杨硕等（2015）研究结果表明，桃蛀螟为害可导致百粒重降低、果穗长度缩短和行粒数减少，从而降低玉米产量。本试验中，桃蛀螟与拟轮

表 3 玉米果穗不同发育期接虫和接菌处理对玉米产量构成因素的影响

Table 3 Effects of inoculation with insects and fungi at different developmental stages of corn ears on the yield components of spring corn

处理 Treatments	接种玉米穗生育期 Inoculated developmental stage of corn ears	穗长(cm) Ear length	单穗重(g) Weight per ear	百粒重(g) 100-seed weight	行粒数 Number of kernels per row	单穗损失率(%) Yield loss rate per ear
单接桃蛀螟幼虫 Inoculation with *Conogethes punctiferalis* larvae only	吐丝期 Silking stage	17.74 ±0.20 b	125.19 ±6.61 bc	33.70 ±0.86 a	37.56 ±0.55 b	19.38 ±1.39 b
	灌浆期 Blister stage	17.83 ± 0.20 b	128.07 ±6.76 bc	33.85 ±0.70 a	38.23 ±0.56 b	13.17 ±0.95 b
	乳熟期 Milk stage	18.76 ±0.21 ab	136.65 ±7.21 bc	34.27 ±0.62 a	39.03 ±0.57 bc	5.93 ±0.43 c
单接拟轮枝镰孢菌 Inoculation with *Fusarium verticillioides* only	吐丝期 Silking stage	18.89 ±0.07 a	140.62 ±2.29 b	34.38 ±0.35 a	40.11 ±0.56 a	7.38 ±0.28 c
	灌浆期 Blister stage	18.98 ±0.07 a	143.85 ±2.35 b	34.05 ±0.31 a	40.83 ±0.57 a	5.02 ±0.19 c
	乳熟期 Milk stage	18.35 ±0.26 bc	153.49 ± 2.50 ab	34.12 ±0.55 a	40.69 ±0.30 a	2.26 ±0.09 c
复合接种虫菌 Complex inoculation with *C. punctiferalis* larvae and *F. verticillioides*	吐丝期 Silking stage	16.29 ±0.22 c	104.15 ±3.04 c	32.87 ±0.72 a	36.46 ±0.34 c	33.09 ±1.28 a
	灌浆期 Blister stage	16.37 ±0.22 c	106.54 ±3.11 c	33.09 ±0.93 a	37.06 ±0.33 c	22.50 ±0.87 a
	乳熟期 Milk stage	17.22 ±0.23 b	113.68 ±1.32 c	34.05 ±0.40 a	38.79 ±0.36 b	10.13 ±0.39 b
空白对照 Blank control		20.04 ±0.19 a	179.96 ±1.90 a	34.96 ±0.36 a	41.46 ±0.33 a	0.00 ±0.00 d

枝镰孢同步接种,影响玉米果穗和籽粒的生长发育,进一步加剧了玉米穗长缩减、籽粒霉变加重和行粒数的减少,致使玉米产量构成因素发生了改变,造成了更加严重的玉米产量损失。因此,控制玉米穗期桃蛀螟的发生为害可有效减轻玉米穗腐病发生为害。

参考文献(References)

Desjardins AE, Proctor RH, 2011. Genetic diversity and trichothecene chemotypes of the *Fusarium graminearum* clade isolated from maize in Nepal and identification of a putative new lineage. *Fung. Biol.*, 115(1): 38-48.

Duan CX, Wang XM, Song FJ, Sun SL, Zhou DN, Zhu ZD, 2015. Advances in research on resistance to ear rot. *Sci. Agric. Sin.*, 48(11): 2152-2164. [段灿星, 王晓鸣, 宋凤景, 孙素丽, 周丹妮, 朱振东, 2015. 玉米抗穗腐病研究进展. 中国农业科学, 48(11): 2152-2164]

Goertz A, Zuehlke S, Spiteller M, Steiner U, Hwinz W, Dehne HW, Waalwijk C, de Vries I, Oerke EC, 2010. *Fusarium* species and mycotoxin profiles on commercial maize hybrids in Germany. *Eur. J. Plant Pathol.*, 128(1): 101-111.

Huang CL, Zheng CG, 1990. Study on some problems of identifying resistance of opaque-2 maize to *Fusarium moniliforme* ear rot. *Sci. Agric. Sin.*, 23(5): 12-20. [黄长玲, 郑长庚, 1990. 对高赖氨酸玉米穗腐病抗性鉴定中某些问题的探讨. 中国农业科学, 23(5): 12-20]

Li JT, Fu JF, Yan XR, Li HC, Zhou RJ, 2006. Analysis of temporal dynamics of *Curvularia* leaf spot of maize (*Curvularia lunata*) epidemic and yield loss. *J. Shenyang Agric. Univ.*, 37(6): 835-839. [李金堂, 傅俊范, 严雪瑞, 李海春, 周如军, 2006. 玉米弯孢菌叶斑病时间流行动态分析及产量损失测定. 沈阳农业大学学报, 37(6): 835-839]

Lu JQ, 2008. Investigation of Occurrence and Biology of *Conogethes punctiferalis*. MSc Thesis, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong. [鹿金秋, 2008. 桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* 的发生规律及生物学特性的研究. 山东泰安: 山东农业大学硕士学位论文]

Magg T, Bohn M, Klein D, Merditaj V, Melchinger AE, 2003. Concentration of moniliformin produced by *Fusarium* species in grains of transgenic Bt maize hybrids compared to their isogenic counterparts and commercial varieties under European corn borer pressure. *Plant Breed.*, 122(4): 322-327.

Mei LY, Li ZY, Guo M, 2003. Control and determine of yield loss on maize *Curvularia* leaf spot. *J. Maize Sci.*, 11(2): 93-95. [梅丽艳, 李志勇, 郭梅, 2003. 玉米弯孢菌叶斑病产量损失测定及药剂防治. 玉米科学, 11(2): 93-95]

Qin ZH, Ren X, Jiang K, Wu XF, Yang ZH, Wang XM, 2014. Identification of *Fusarium* species and *F. graminearum* species complex causing maize ear rot in China. *Acta Phytophy. Sin.*, 41(5): 589-596. [秦子惠, 任旭, 江凯, 武小菲, 杨知还, 王晓鸣, 2014. 我国玉米穗腐病致病镰孢种群及禾谷镰孢复合种的鉴定. 植物保护学报, 41(5): 589-596]

Shi J, Wang ZY, He KL, 2005. Occurrence trend and the reason analysis of diseases and insect pests on summer corn in Huang-Huai-Hai Region. *Plant Prot.*, 31(5): 63-65. [石洁, 王振营, 何康来, 2005. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势与原因分析. 植物保护, 31(5): 63-65]

Song LQ, Shi J, Wang ZY, He KL, Cong B, 2012. Effects of the Asian corn borer injury on the incidence of *Fusarium* ear rot by *Fusarium verticillioides* at different developmental stages of corn ear. *Plant Prot.*, 38(6): 50-53. [宋立秋, 石洁, 王振营, 何康来, 丛斌, 2012. 亚洲玉米螟为害对玉米镰孢穗腐病发生程度的影响. 植物保护, 38(6): 50-53]

Stumpf R, Santos DJ, Gomes LB, Silva CN, Tessmann DJ, Ferreira FD, Machinski JM, Del EM, 2013. *Fusarium* species and fumonisins associated with maize kernels produced in Rio Grande do Sul State for the 2008/09 and 2009/10 growing seasons. *Braz. J. Microbiol.*, 44(1): 89-95.

Wang ZY, He KL, Shi J, Ma SY, 2006. Reasons of increasing damage caused by *Conogethes punctiferalis* and the control strategy. *Plant Prot.*, 32(2): 67-69. [王振营, 何康来, 石洁, 马嵩岳, 2006. 桃蛀螟在玉米上危害加重原因与控制对策. 植物保护, 32(2): 67-69]

Wang ZY, Wang XM, 2015. To strength researches on the occurrence of maize pests and related control techniques for ensuring the maize production security. *Acta Phytophyl. Sin.*, 42(6): 865-868. [王振营, 王晓鸣, 2015. 加强玉米有害生物发生规律与防控技术研究,保障玉米安全生产. 植物保护学报, 42(6): 865-869]

Wei TS, Zhu WF, Pang MH, Liu YC, Wang ZY, Dong JG, 2013. Influence of the damage of cotton bollworm and corn borer to ear rot in corn. *J. Maize Sci.*, 21(4): 116-118, 123. [魏铁松, 朱维芳, 庞民好, 刘颖超, 王振营, 董金皋, 2013. 棉铃虫和玉米螟危害对玉米穗腐病的影响. 玉米科学, 21(4): 116-118, 123]

Windham GL, Williams WP, Davis FM, 1999. Effects of the southwestern corn borer on *Asperillus flavus* kernel infection and aflatoxin accumulation in maize hybrids. *Plant Dis.*, 83(6): 535-540.

Wu LM, Lu HS, 1992. Observation of the injury sites in corn plant by yellow peach moth larvae. *Entomol. Knowl.*, 29(1): 13. [吴立民, 陆化森, 1992. 桃蛀螟为害玉米部位的观察. 昆虫知识, 29(1): 13]

Xu LR, 2011. Studies on Mass Rearing, Characteristics of Diapause Induction and Cold Tolerance of *Conogethes punctiferalis*. MSc Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [徐丽荣, 2011. 桃蛀螟人工饲养和滞育诱导特性及抗寒性研究. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文]

Yang S, Shi J, Zhang HJ, Guo N, Li P, Wang ZY, 2015. Impacts of durian fruit borer *Conogethes punctiferalis* on yield loss of summer corn by injuring corn ears. *Acta Phytophyl. Sin.*, 42(6): 991-996. [杨硕, 石洁, 张海剑, 郭宁, 李坡, 王振营, 2015. 桃蛀螟为害夏玉米果穗对产量的影响. 植物保护学报, 42(6): 991-996]

(责任编辑: 赵利辉)